



This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.02.15
【발명의 명칭】	편광 무관한 폴리머 광소자 및 그 제작 방법
【발명의 영문명칭】	Polarization-insensitive polymeric optical device and Method of fabricating the same
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	신영무
【대리인코드】	9-1998-000265-6
【포괄위임등록번호】	2001-032061-5
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이종무
【성명의 영문표기】	LEE, Jong Moo
【주민등록번호】	690208-1226210
【우편번호】	305-330
【주소】	대전광역시 유성구 지족동 853 열매마을 103-902
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박선택
【성명의 영문표기】	PARK, Sun Tak
【주민등록번호】	700103-1668528
【우편번호】	302-810
【주소】	대전광역시 서구 갈마동 1436번지 오벨리스크 1001호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	안준태
【성명의 영문표기】	AHN, Joon Tae
【주민등록번호】	640525-1548610

【우편번호】	301-780
【주소】	대전광역시 중구 태평동 버드네아파트 125-2001
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	주정진
【성명의 영문표기】	JU, Jung Jin
【주민등록번호】	671117-1894915
【우편번호】	302-739
【주소】	대전광역시 서구 만년동 상아아파트 103-1401
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이명현
【성명의 영문표기】	LEE, Myung Hyun
【주민등록번호】	620122-1820314
【우편번호】	305-755
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 118-507
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김경헌
【성명의 영문표기】	KIM, Kyong Hon
【주민등록번호】	560927-1673615
【우편번호】	305-333
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 99번지 한빛 아파트 128-1201
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 신영무 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	3 면 3,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	9 항 397,000 원

【합계】	429,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	214,500 원
【기술이전】	
【기술양도】	희망
【실시권 허여】	희망
【기술지도】	희망
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 편광에 무관한 폴리머 광소자 및 그 제작 방법에 관한 것으로, 상부클래딩층을 2회 이상의 서브 상부클래딩층들로 형성하되, 서브 상부클래딩층들 중 하나의 상부 높이는 상기 코어층의 높이와 유사하도록 구성하여, 폴리머 광소자의 최대 문제점인 편광에 따른 파장 특성 변화를 해소하는 간단하면서 효과적인 방법을 제시한다.

**【대표도】**

도 3

**【색인어】**

광도파로, 평면 도파로, 폴리머, 파장 다중화 소자, AWG

**【명세서】****【발명의 명칭】**

편광 무관한 폴리머 광소자 및 그 제작 방법{Polarization-insensitive polymeric optical device and Method of fabricating the same}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 폴리머 광소자인 16 채널 AWG 라우터의 구조도이다.

도 2a 내지 도 2e는 도 1의 폴리머 광소자를 제작하기 위한 구체적인 공정과정의 흐름도들이다.

도 3은 도 1의 폴리머 광소자가 제작된 일예를 도시한 단면도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따라 실제 제작된 AWG 라우터의 각 층 두께 등을 도시한 단면도이다.

도 5a 내지 도 5d는 실제 제작된 AWG 라우터에서 상부클래딩층의 형성공정을 달리한 비교실험 결과를 도시하고 있는 그래프들이다.

도 6은 실제 제작된 AWG 라우터에서 상부클래딩층 중에서 서브 제1상부클래딩층의 두께가 7 내지 22  $\mu\text{m}$  범위에서 변화될 때 TE모드 및 TM 모드에 대한 중심 파장의 변화를 나타낸 그래프이다.

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <7> 본 발명은 광통신 분야에 널리 사용되고 있는 편광 무관한 폴리머 광소자 및 그 제작 방법에 관한 것으로, 특히, 폴리머 광소자의 최대 문제점 중 하나인 편광에 따른 파장 특성 변화를 해소하기 위한 간단하면서 효과적인 방법을 제시한다.
- <8> 폴리머 광소자는 실리카(silica) 광소자에 비해서 제작이 용이한 장점 때문에 많은 관심을 갖고 있으나 실리카 광소자에 비해서 큰 편광 의존성 때문에 응용에 제약을 받고 있다. 특히, 실리카로 제작된 AWG(Arrayed Waveguide Grating, 이하 'AWG'라 함) 소자의 경우에는 TE/TM 편광 모드에 따른 중심 파장 차이가 약 0.35 nm 정도인 반면 (H. Takahashi, Y. Hibino, and I. Niship, "polarization-insensitive arrayed-waveguide grating wavelength multiplexer on silicon", Optics Lett., vol.17, no.7, pp499-501, 1992. 참조), 폴리머를 이용한 AWG 소자의 경우에는 물질 종류에 따라서 차이가 있지만 TE/TM 편광 모드에 따른 중심 파장 차이가 수 nm에 이르러, 그 차이가 실리카 AWG 소자의 경우 보다 약 10 배나 큰 것으로 알려져 있다 (Y. H. Min, M. H. Lee, J. J. Ju, S. K. Park, and J. Y. Do, "polymeric 16x16 Arrayed-Waveguide Grating Router Using Fluorinated Polyethers Operating Around 1550 nm", IEEE J. Select. Topics in Quantum Electron., vol. 7, no. 5, 806-811, 2001. 참조).
- <9> 그러나, 실리카 AWG 소자의 약 0.35 nm 차이도 무시할 수 없는 크기여서, 이를 개선하기 위하여 AWG 소자의 격자 채널 부분에 반파장 플레이트(half-wave plate)를 삽입

하거나, 기판에 의한 스트레스를 상쇄할 수 있는 비정질 실리콘(H. Takahashi, Y. Hibino, Y. Ohmori, and M. Kawachi, "Polarization-insensitive Arrayed-Waveguide Wavelength Multiplexer with Birefringence Compensating Film", IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 5, no. 6, 707-709, 1993. 참조), 특정한 열팽창 계수의 물질(S. M. Ojha, C. Cureton, T. Bricheno, S. Day, D. Moule, A. J. Bell, and J. Taylor, "Simple method of fabricating polarization-insensitive and very low crosstalk AWG grating devices", Electron. Lett., vol. 34, no. 1, 78-79, 1998. 참조), 또는 특정한 복굴절 특성의 물질 (S. M. Ojha, et.al., "Planar Optical waveguide", US Patent 5930439, Jul.27,1999. 참조)을 AWG 소자의 격자 위에 코팅하는 방법으로 TE/TM 쉬프트를 0.1 nm 이하로 줄이는 방법이 사용되고 있다.

<10> 지금까지 발표된 폴리머 광소자의 경우에는 폴리머 자체의 복굴절 및 제작 상에 생기는 스트레스 효과에 의해서 수 nm의 큰 TE/TM 쉬프트가 있었고, 이를 줄이는 방법으로 대부분의 연구가 폴리머 물질 자체의 특성을 변화 시켜서 복굴절이 낮은 물질을 개발하는 쪽에 치중해 있었다 (Y. Koike, et. al., "Process for the preparation of non-birefringent optical resin and optical elements made by using the resin prepared by the process", US Patent 6277938, Aug. 21, 2001. 참조). 그러나 폴리머 광소자에서 복굴절의 상당 부분은 제작 상의 스트레스 효과에 의한 것이며 때문에 물질 성질을 개선하는 것으로 편광과 무관한 AWG 소자를 비롯한 각종 광소자를 제작하는데는 새로운 물질의 개발에 대한 큰 부담과 제한된 물질만을 사용하는 데 따른 제작 상의 여러 어려움이 있다.



<11>        폴리머 광소자의 스트레스를 줄이는 방법으로 폴리머 광소자를 흔히 사용되는 실리콘 웨이퍼(Silicon wafer) 대신 기판도 폴리머를 사용하는 all-polymeric AWG 소자도 소개된 바 있으나(N. Keil, H. H. Yao, C. Zawadzki, J. Bauer, M. Bauer, C. Dreyer, and J. Schneider, "Athermal polarization-independent all-polymer arrayed waveguide grating (AWG) multi/demultiplexer", OFC 2001, Anaheim, post-deadline paper PD7, 2001. 참조), 이러한 경우에도 특정한 폴리머를 기판으로 사용하여야 하며 제작이 어렵고 다른 소자와의 패키징도 어려운 단점이 있었다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<12>        따라서, 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 특정한 폴리머 물질을 사용하지 않고도 제작상의 간단한 변화 만으로 스트레스 효과를 상쇄시키는 편광과 무관한 폴리머 광소자 및 그 제작 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

<13>        본 발명의 다른 목적은 폴리머 광소자의 제작 공정을 최적화 하여 폴리머 광소자의 편광 의존성을 최소화 하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<14>        상술한 문제점을 해결하기 위한 수단으로서, 본 발명의 일측면은 기판 상에 하부클래딩층 및 코어층을 형성하는 단계와, 코어층의 소정 영역에 식각마스크를 잔류시켜서 이를 마스크로 코어층을 식각하는 단계와, 코어층 및 하부클래딩층 상에 상부클래딩층을 형성하는 단계를 포함하여 구성되되, 상부클래딩층은 2회 이상의 서브 상부클래딩층 형성공정을 포함하여 형성되며, 서브 상부클래딩층들 중 하나의 상부 높이는 상기 코어층

의 높이와 비교하여, 코어층을 포함한 전체 식각 깊이의 대략 30% 오차 범위 내에서 형성된다.

<15> 기판의 종류는 특별히 한정되지 않고 다양하게 가능하며, 예를 들어 실리콘 기판, 실리카 기판, 유리 기판, 폴리머 기판 등일 수 있다.

<16> "서브 상부클래딩층들 중 하나의 상부 높이"의 의미는 상부클래딩층을 구성하는 2 개 이상의 서브 상부클래딩층들 중 임의의 하나의 서브 상부클래딩층의 상부 높이를 의미하는 것으로, 예를 들어, 3개의 서브 상부클래딩층으로 구성되는 상부클래딩층의 경우 첫번째 서브 상부클래딩층의 상부 높이를 의미할 수도 있고, 두번째 서브 상부클래딩층의 상부 높이를 의미할 수도 있다.

<17> 한편, 본 발명이 적용 가능한 폴리머 물질은 특별히 한정되지 않고 다양하게 가능하며, 예를 들어, 플루오리네이트 폴리에테르(Fluorinated polyethers, 예컨대 상표명 ZP2145, ZP1010)계열, 아크릴레이트(acrylate)계열, 실리콘 레진(silicone resin) 계열, 폴리이미드(Polyimide)계열, 퍼플루오네이트 사이클로부탄(Perfluorinated cyclobutane) 계열 등이다.

<18> 한편, 코어층의 두께(높이)는 수  $\mu\text{m}$ 를 사용하며 2 내지 10  $\mu\text{m}$  정도가 가능하다. 또한, 코어층을 식각하는 단계에서 식각을 충분히 실시하여 상기 하부클래딩층을 일부가 식각되도록 할 수 있다.

<19> 또한, 클래딩층을 형성하는 단계는 스핀코팅으로 폴리머 물질을 도포한 후에 물질에 따른 경화과정 즉 열적 경화 또는 UV경화 공정으로 형성될 수 있다.

- <20> 또한, 2회 이상의 서브 상부클래딩층 형성공정을 포함하여 형성된 각 서브 상부클래딩층의 두께는 코어층 식각깊이의 30%를 넘지 않는 범위 이내일 수 있다.
- <21> 본 발명의 다른 측면은 기판 상에 형성된 하부클래딩층과, 하부클래딩층 상부의 소정 영역에 형성된 코어층과, 코어층 및 하부클래딩층 상에 형성된 상부클래딩층을 포함하여 구성되되, 상부클래딩층은 2층 이상의 서브 상부클래딩층으로 이루어지며, 서브 상부클래딩층들 중 하나의 상부 높이는 상기 코어층의 높이와 비교하여, 코어층을 포함한 전체 식각 깊이의 대략 30% 오차 범위 내에서 형성된 출리머 광소자를 제공한다.
- <22> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전 하도록 하며 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 한편, 도면상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭하며, 중복되는 요소에 대해서는 설명을 생략하기로 한다.
- <23> 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 폴리머 광소자인 16 채널 AWG 라우터의 구조도이다. 도 1의 AWG 라우터의 일예를 나타낸 도면으로 광도파로 (waveguide;100), 자유진행영역(free propagation region;110) 및 격자채널 광도파로(grating channel waveguide;120)로 구성된다. 도 1의 AWG 라우터는 당업자에게 널리 알려진 소자로 각 부분의 구체적인 기능, 작용 등에 대한 기재는 설명의 편의를 위해 생략한다.

<24> 본 실시예에서 AWG 라우터의 제작에 사용된 폴리머 물질을 살펴보면, 코어층에는 굴절률 1.501인 Zen Photonics사의 모델명 ZP1010이고, 상부 및 하부클래딩층은 굴절률 1.484인 Zen Photonics사의 모델명 ZP2145가 사용되었다. 한편, 실리콘 기판위에 약 3  $\mu\text{m}$  두께로 코팅한 후에 프리즘 커플링 방식으로 측정된 복굴절, 즉, TE 모드와 TM 모드 간의 굴절률 차이는 약 0.004이다. 이러한 굴절률 차이의 물질로 AWG 라우터를 제작하면 약 4 nm의 TE/TM 쉬프트가 예상된다.

<25> 이하, 도 2a 내지 도 2e를 참조하여 구체적인 공정과정을 상세히 설명한다.

<26> 먼저, 기판(10)상에 하부클래딩층(12)으로 사용될 폴리머 물질(Zen Photonics사의 모델명 ZP2145)을 스핀코팅한다(도 2a). 본 실시예에서 사용된 기판(10)은 실리콘 웨이퍼이다. 다음으로, 하부클래딩층(12)의 경화공정을 실시한다. 경화공정은 약 250℃의 온도에서 열경화(thermal curing)한다(도 2b). 다음으로, 코어층(14)을 약 6  $\mu\text{m}$  정도의 두께로 스핀코팅하고, 역시 열 경화공정을 실시한다(도 2c). 이어서, 코어층(14) 상부에 식각마스크로 포토리지스트(16)를 코팅하고 통상적인 노광, 현상 등의 포토리소그래피 공정을 실시하여 광도파로의 코어부를 형성하기 위한 소정의 영역에 상기 포토리지스트(16)를 잔류시킨다(도 2d). 이 경우, 식각마스크로 포토리지스트 뿐 아니라 금속패턴을 사용할 수도 있다. 금속패턴을 식각마스크로 이용하기 위해서는 코어층(14)의 상부에 금속층(미도시)을 증착하고 그 위에 포토리지스트를 도포한다. 다음으로 포토리지스트를 원하는 영역에 잔류시키고, 이를 마스크로 금속층(미도시)을 식각하게 된다. 다른 방식으로는, 포토리지스트로 음각을 한 후 금속을 증착한 후 리프트어프(lift off) 공정으로 금속 패턴을 형성할 수도 있다.

- <27> 다음으로, 잔류된 식각마스크를 이용하여 건식식각 등의 방법으로 광도파로 패턴을 식각하고, 이후에 잔류된 포토리지스트 또는 금속을 제거한다.
- <28> 다음으로, 도 2e를 참조하면, 상기 전체 구조상에 상부클래딩층(18)을 스펀코팅하고 경화공정을 실시한다. 상술한 상부클래딩층(18)을 형성하는 과정에서 스트레스에 의한 복굴절 특성이 크게 달라짐을 본 발명자들은 발견하였다.
- <29> 상부클래딩층(18)을 형성하는 방법에 있어서, 종래 기술에 의한 경우는 그 두께에 대한 특별한 고려 없이 충분히 두껍게 형성했던 것과는 달리, 본 실시예에서는 얇게 2번 이상으로 형성하며, 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 코어층(14)을 포함한 식각 깊이를  $h$ 라 가정할 때, 서브 제1 상부클래딩층(18a)을 코어층(14)을 포함한 식각 깊이와 유사하게 형성한다. 이 때, 서브 제1 상부클래딩층(18a)과 식각깊이(14)의 차이는  $a$ 로 도시되어 있다. 이어서 서브 제2 상부클래딩층(18b), 서브 제3 상부클래딩층(18c)을 형성할 수 있다. 이 경우, 서브 제1 상부클래딩층(18a), 서브 제2 상부클래딩층(18b) 및 서브 제3 상부클래딩층(18c)은 함께 상부클래딩층(18)으로 구성된다.
- <30> 한편, 상술한 공정 과정과 약간 변형된 공정으로, 코어층(14)을 식각하기 이전에 상부클래딩 물질과 동일한 물질의 버퍼층(미도시)을 약  $3\ \mu\text{m}$ 이내의 두께로 추가로 형성할 수 있다. 그 후, 버퍼층(미도시) 상의 소정 영역에 식각 마스크를 잔류시켜 이를 통해 버퍼층 및 코어층(14)을 식각하고, 이 전체 구조 상에 상부클래딩층(18a, 18b, 18c)을 형성한다. 이 경우 코어층(14)을 식각한 후, 하부클래딩층이 과도식각하는 것도 가능하며, 예컨대 과도 식각 깊이는  $3\ \mu\text{m}$  이내로 조절할 수 있다.
- <31> 도 4는 본 실시예에 따라 실제 제작된 AWG 라우터의 각 층 두께 등을 도시한 도면이다. 상세히 살펴보면, 실리콘 기판상에  $11\ \mu\text{m}$ 의 하부클래딩층이 형성되어 있고, 약 6

x 6  $\mu\text{m}$ 의 코어층이 형성되어 있으며, 코어층의 바닥으로부터 두께 약 16  $\mu\text{m}$  이상의 상부 클래딩층으로 구성되어 있다. 이 때, 6 x 6  $\mu\text{m}$  코어층은 하부클래딩층 상에 두께 6  $\mu\text{m}$ 의 코어층을 형성한 후에 이를 리소그래피 공정으로 형성된 광도파로 패턴을 따라서 약 7  $\mu\text{m}$  두께로 식각하여 형성하였다. 이는 하부클래딩층이 1  $\mu\text{m}$  정도 과도식각된 상태를 의미한다. 따라서, 본 실시예에서 언급하는 상부클래딩의 두께는 이 7  $\mu\text{m}$  두께로 식각된 바닥을 기준으로 패턴이 형성되어 있는 상부의 클래딩 두께를 의미한다. 상부클래딩층의 두께는 스핀 코팅 속도로 조절이 가능하다.

<32> 이와 같은 구조에서 상부클래딩층을 22  $\mu\text{m}$  및 16  $\mu\text{m}$  두께로 1번에 코팅하여 경화 처리한 경우, 11  $\mu\text{m}$  두께로 상부클래딩층을 2번 코팅 및 경화 과정을 반복하여 형성한 경우, 7  $\mu\text{m}$  두께로 상부클래딩층을 3번 코팅 및 경화 과정을 반복하여 형성한 경우를 서로 비교하였다.

<33> 그 결과 한번에 22  $\mu\text{m}$  두께로 코팅한 경우에, 입력 및 출력 중심채널 상의 TE 모드에 대해서는 파장 1557.58nm에서 최고 투과율을 보인 반면 TM 모드에 대해서는 파장 1553.34nm에서 최고 투과율을 보여 TE/TM 쉬프트가 4.24nm로 측정되었다. 이러한 TE/TM 쉬프트는 전술한 0.004 nm의 복굴절과 일치하는 결과이다. 반면에, 본 발명에서의 경우와 같이, 상부클래딩층을 코팅하는 공정에서 얇게 2번 또는 3번에 나누어서 코팅하게 되면 TE/TM 쉬프트가 줄어드는 것을 발견하였다. 도 4에 도시된 바와 같이 상부클래딩층을 16  $\mu\text{m}$  두께로 한번에 코팅한 경우에는 TE/TM 쉬프트가 4.16 nm로 22  $\mu\text{m}$  로 코팅한 경우보다 약간 감소하였고, 11  $\mu\text{m}$  두께로 코팅 및 경화를 2번에 걸쳐서 한 경우에는 TE/TM 쉬프트가 1.98 nm로 크게 감소하였으며, 7  $\mu\text{m}$  두께로 코팅 및 경화를 3번 반복해서 제작한 경우에는 TE/TM 쉬프트가 0.08 nm로 거의 사라져 버렸다.

- <34> 이와 같은 결과는 도 5a 내지 도 5c에 나타나 있다. 도 5a 내지 도 5c는 각각 상부클래딩층을 22  $\mu\text{m}$ 로 1번에 형성한 경우, 11  $\mu\text{m}$  두께로 상부클래딩층을 2번에 형성한 경우, 약 7  $\mu\text{m}$  두께로 상부클래딩층을 3번 반복하여 형성한 경우의 TE와 TM 파장별 투과율(dB)을 도시한 그래프들이다. 도 5d는 도 5c의 일정범위의 파장영역을 확대한 그래프이다.
- <35> 한편, 도 6은 상부클래딩층 중에서 서브 제1상부클래딩층의 두께가 7 내지 22  $\mu\text{m}$  범위에서 변화될 때 TE중심과 TM중심의 파장영역을 변화를 나타낸 그래프이다. 이 그래프에서 TE중심과 TM중심의 쉬프트를 보면 서브 제1상부클래딩층의 두께가 약 12  $\mu\text{m}$  이상이면 급격하게 TE/TM 쉬프트가 증가하여 약 16 $\mu\text{m}$  이상이면 현저히 증가된 TE/TM 쉬프트를 발견할 수 있다.
- <36> 한편, 도 6에 도시된 바와 같이, TE/TM 쉬프트가 대략 1.5nm 정도인 경우는 약 9 $\mu\text{m}$ 의 서브 제1상부클래딩층의 두께로 형성된 경우이다. 따라서, 이 경우 식각 높이가 대략 7 $\mu\text{m}$  정도인 것을 감안하면 약 30%정도의 오차 범위 이내까지 TE/TM 쉬프트가 대략 1.5nm 로 유지될 수 있다고 판단된다.
- <37> 또한, 서브 제1상부클래딩층의 두께를 7 $\mu\text{m}$  보다 적게 형성한 경우에는 TE/TM 쉬프트가 음의 방향으로 역전되어 나타남을 실험을 통해서 볼 수 있었으며 이러한 결과는 서브 상부클래딩층들의 두께 조절로 TE/TM 쉬프트를 완전히 없앨 수 있음을 나타내 주고 있다.
- <38> 한편, 서브 제2 및 제3 상부클래딩층의 두께 또한 TE/TM 쉬프트에 영향이 있으므로, 서브 제2 및 제3 상부클래딩층의 두께도 중요한 변수로 작용한다. 즉, 서브 제2 및 제3 상부클래딩층의 두께를 적절히 조절하여 서브 제1 상부클래딩층의 두께와 같은 두께로 반복 회수 만을 조절하는 방법으로 조건을 최적화 할 수도 있다. 즉, 각 서브 상부클래

딩층의 두께를 식각 높이의 약 30% 정도의 오차 범위 이내로 하고 서브 제2 상부클래딩층의 두께도 이 범위에서 유지될 수 있도록 하여 TE/TM 쉬프트가 대략 1.5 nm 이내로 유지될 수 있게 된다. 이 경우, 같은 두께로 반복할 수도 있다.

<39> 다만, 상부클래딩층의 높이 오차에 따른 TE/TM 쉬프트 정도는 사용하는 폴리머 물질의 종류에 따라서 오차 범위가 다소 달라질 수 있다. Zen Photonics사의 모델명 ZP2145 및 ZP2145의 폴리머 물질을 이용한 경우에는 식각 후에 상부클래딩층을 코팅하면, 그 표면의 두께는 식각되지 않은 곳이 식각한 부위보다 약 10% 가량 두껍게 형성 되었으며 식각한 부위 상의 두께가 코어층을 포함하는 식각 깊이의 약 30% 오차 범위 내를 넘어서는 경우는 상술한 역할이 줄어들게 되어 스트레스 완화에 크게 기여하지 못하는 경향이 있었다. 즉, 본 발명자들의 연구에 따르면 대체적으로 30% 오차 범위 내에서는 TE/TM 쉬프트가 대략 1.5nm 이내임을 확인할 수 있었다.

<40> 한편, 식각 깊이와 유사하게 코팅된 서브 상부클래딩층 상에 다음 서브 상부클래딩층의 코팅을 실시하는데 있어서도 두께에 따라서 TE/TM 쉬프트가 크게 달라짐을 발견 하였으며, 본 발명자들의 실험에서는 각 코팅의 두께를 같이 유지했을 때 TE/TM 쉬프트가 비교적 잘 보상되는 것을 발견하였다. 다만, 이와 같은 현상은 폴리머 물질에 따라서 적절한 조절이 필요할 수 있다.

<41> 이하에서는, 아직 정확하게 분석되지는 않았지만, 이러한 쉬프트의 감소현상에 대한 원인에 대해서 설명한다.



- <42> 전술한 프리즘 커플링으로 측정된 약 0.004의 복굴절은 폴리머의 경화 과정에서의 수축 현상과 경화 공정 뒤 상온으로의 냉각 과정에서 열수축 현상으로 인해서 거의 수축하지 않는 실리콘 기판과 폴리머 물질의 수축 차이로 인한 스트레스에 기인한 것으로 판단된다. 그런데 광도파로 형성 공정 중 식각 공정 (도 2d 참조)에 의해 미세한 패턴들 주변에 압력을 가하던 폴리머 물질들이 사라지면 코어층에 인가되던 스트레스가 감소되는 것으로 판단된다.
- <43> 폴리머는 실리카처럼 단단하지(rigid) 않아 식각 후 광도파로 패턴 사이의 빈공간으로 패턴의 팽창을 막고 압력을 가하는 벽 역할을 하는 것이 없기 때문에, 패터닝 후에는 스트레스가 사라질 것으로 추측된다.
- <44> 그러나, 상부클래딩층을 코팅하는 과정에서 두께가 코어층 패턴의 두께 또는 식각 두께보다 상당히 큰 경우 경화 공정에서의 수축으로 인가되는 스트레스는 다시 유도될 수 있다. 상부클래딩층은 경화공정 중 수축하게 되고, 이는 코어층에 압력을 가함으로써 다시 스트레스가 유도되기 때문이다.
- <45> 그러나, 상부클래딩층의 코팅 두께가 거의 패턴의 높이와 유사하면 광도파로 패턴 사이의 공간을 채우는 클래딩 물질이 경화 과정에서 자체적으로 수축하여 앞의 경우 코어를 압축했던 것과는 반대로 좌우로 인장하는 효과를 보일 것이다. 이러한 인장 효과에 의해 전술한 바와 같은 복굴절과는 반대 방향의 복굴절 효과가 유도될 수 있다.
- <46> 한편, 후속으로 진행되는 두번째, 세번째 상부클래딩층의 코팅은 다시 코어부를 압축하는 효과를 보이게 되지만 첫번째 상부클래딩층의 코팅으로 거의 평평해진 면 위에 코팅되어서 스트레스 효과가 적으며, 그 두께를 얇게 2차례 이상으로 나누어서 코팅하면 스트레스 효과가 더욱 줄어들어서 식각 깊이와 유사한 높이로 코팅된 첫 번째 클래딩에 의

해서 생긴 역방향의 복굴절을 적당히 상쇄하는 것으로 판단된다. 그러나 둘째 셋째 코팅을 너무 두껍게 하거나 너무 얇게 하게 되면 양방향의 복굴절이 적절히 상쇄되지 못해서 양의 방향 또는 음의 방향의 TE/TM 쉬프트가 생기게 된다.

<47> 정밀한 원인 분석은 아직 더 연구되어야 하지만, 본 연구에서와 같이 특별한 물질을 따로 사용하지 않고 일반적으로 사용되는 폴리머 물질로 상부클래딩을 덮는 두께를 조절하는 간단한 공정만으로 폴리머 광소자의 최대 약점인 TE/TM shift를 제거한 것은 앞으로 폴리머 광소자 산업계에 혁신적인 발전을 가져올 것으로 기대된다. 또한 본 발명에 적용된 기술적 사상은 폴리머 광소자 뿐 아니라 실리카 광소자에도 적용이 가능할 수도 있다.

<48> 또한, 본 발명의 기술적 사상에 관련한 이 분야의 통상의 지식을 가진자라면 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 다양한 실시예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

#### 【발명의 효과】

<49> 본 발명에서는 폴리머 광소자의 최대 약점인 큰 편광 의존성을 추가의 특별한 물질이나 복잡한 구조상의 변화 없이 간단한 공정의 변화 만으로 상쇄시켜 편광과 무관한 AWG 소자를 구현하였고, 이 방법을 이용하면 다른 폴리머 광소자의 편광 의존성도 크게 개선 될 것으로 여겨져 현재 주로 사용되고 있는 실리카 광소자와 폴리머 광소자 간의 경쟁 구도에 혁신적인 변화를 줄 것으로 기대된다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

기판 상에 하부클래딩층 및 코어층을 형성하는 단계;

상기 코어층 상의 소정 영역에 식각 마스크를 잔류시켜 이를 이용하여 코어층을 패터닝하는 단계; 및

상기 코어층 및 상기 하부클래딩층 상에 상부클래딩층을 형성하는 단계를 포함하여 구성되되,

상기 상부클래딩층은 2회 이상의 서브 상부클래딩층 형성공정을 포함하여 형성되며, 상기 서브 상부클래딩층들 중 하나의 상부 높이는 상기 코어층의 높이와 비교하여 상기 코어층의 식각깊이의 30% 오차를 넘지 않는 범위로 유사하게 형성하는 것을 특징으로 하는 편광 무관한 폴리머 소자 제작 방법.

**【청구항 2】**

제 1 항에 있어서,

상기 코어층을 형성한 후, 그 상부에 클래딩 물질의 버퍼층을 형성하는 단계; 및

상기 버퍼층 상에 상기 식각 마스크를 잔류시켜 상기 버퍼층을 식각하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 편광 무관한 폴리머 소자 제작 방법.

**【청구항 3】**

제 1 항 또는 2 항에 있어서,

상기 코어층을 식각하는 단계는 코어층 하부의 하부클래딩층까지 일부 과도 식각하는 것을 특징으로 하는 편광 무관한 폴리머 소자 제작 방법.

**【청구항 4】**

제 3 항에 있어서,

상기 코어층의 두께(높이)는 2 내지 10  $\mu\text{m}$  이고, 상기 하부클래딩 층의 과도 식각 깊이는 3  $\mu\text{m}$  이내인 것을 특징으로 하는 편광 무관한 폴리머 소자 제작 방법.

**【청구항 5】**

제 1 항에 있어서,

상기 폴리머 물질은 플루오리네이트 폴리에테르 계열, 아크릴레이트 계열, 실리콘 레진 계열, 폴리아미드 계열 또는 퍼플루오네이트 사이클로부탄 계열의 물질인 것을 특징으로 하는 편광 무관한 폴리머 소자 제작 방법.

**【청구항 6】**

제 1 항에 있어서,

상기 하부클래딩층, 코어층 및 상부클래딩층을 형성하는 단계는 각각 스핀코팅으로 폴리머 물질을 도포한 후에 열적 경화 또는 UV경화 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 편광 무관한 폴리머 소자 제작 방법.

**【청구항 7】**

제 1 항에 있어서,

상기 2회 이상의 서브 상부클래딩층 형성공정을 포함하여 형성된 각 서브 상부클래딩층의 두께는 코어층 식각깊이의 30%를 넘지 않는 범위인 것을 특징으로 하는 편광 무관한 폴리머 소자 제작 방법.

**【청구항 8】**

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 실리콘 기판, 실리카 기판, 유리 기판 또는 폴리머 기판인 것을 특징으로 하는 편광 무관한 폴리머 소자 제작 방법.

**【청구항 9】**

기판 상에 형성된 하부클래딩층;

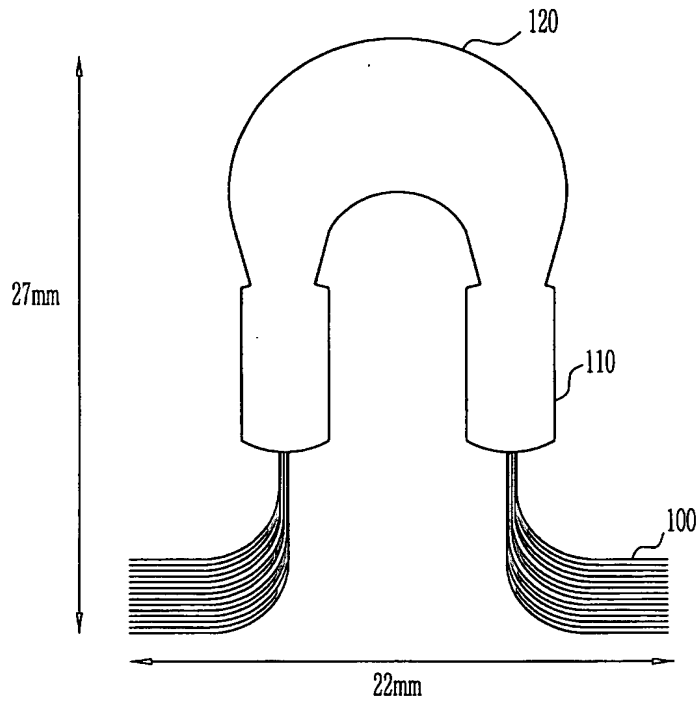
상기 하부클래딩층 상부의 소정 영역에 형성된 코어층; 및

상기 코어층 및 상기 하부클래딩층 상에 형성된 상부클래딩층을 포함하여 구성되되,

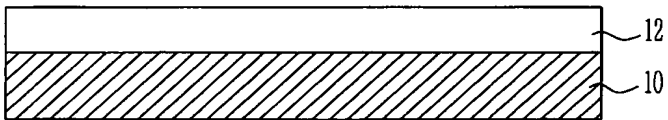
상기 상부클래딩층은 2층 이상의 서브 상부클래딩층으로 이루어지며, 상기 서브 상부클래딩층들 중 하나의 상부 높이는 상기 코어층의 높이와 비교하여 상기 코어층의 식각깊이의 30% 오차를 넘지 않는 범위 이내로 유사하게 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 편광 무관한 폴리머 소자.

【도면】

【도 1】

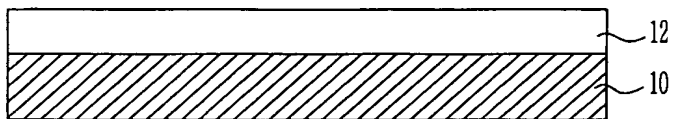


【도 2a】

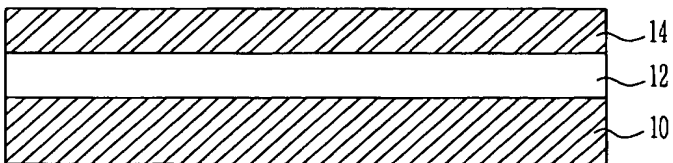


【도 2b】

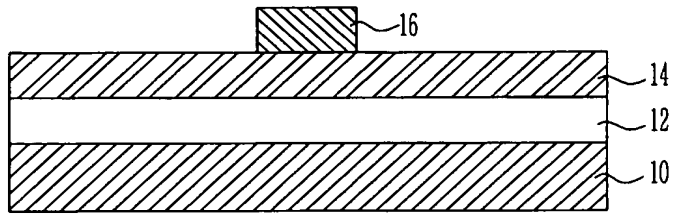
경화 공정



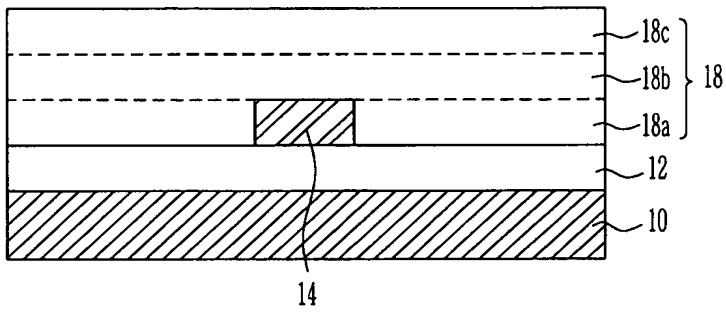
【도 2c】



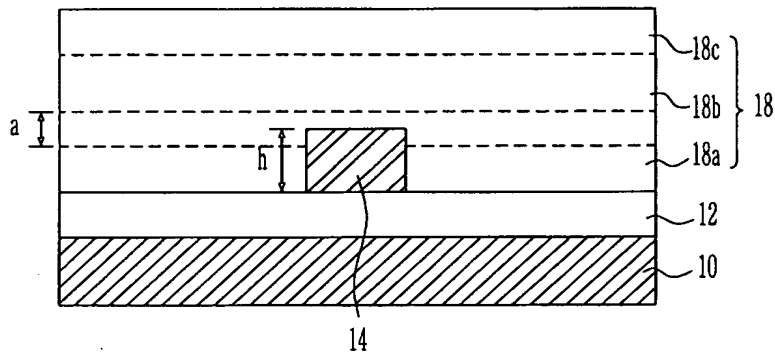
【도 2d】



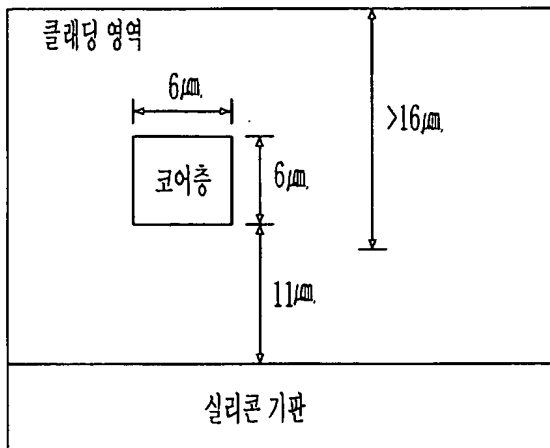
【도 2e】



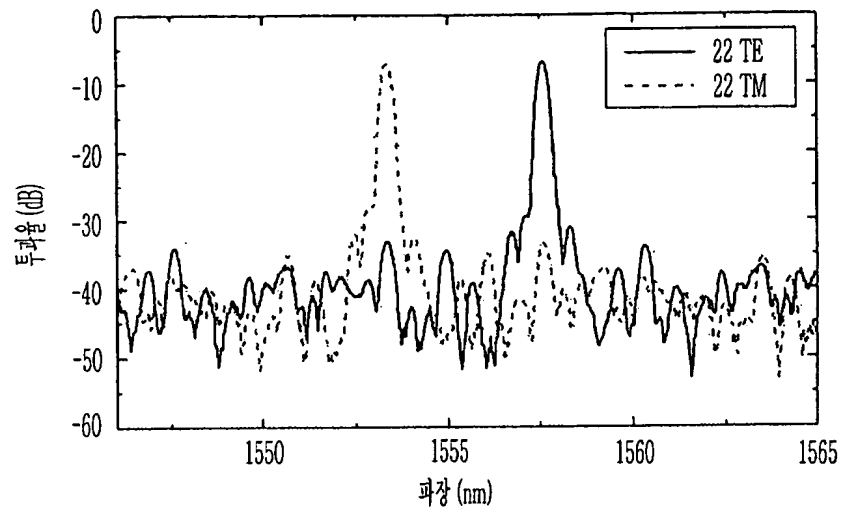
【도 3】



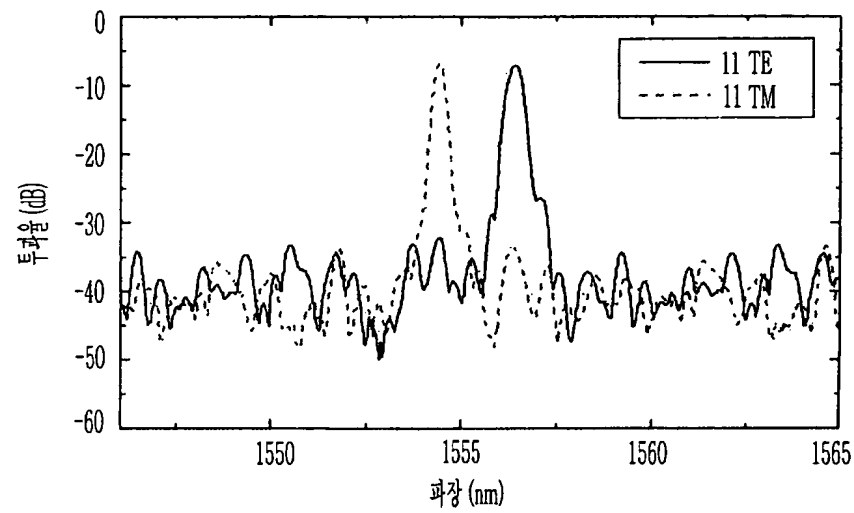
【도 4】



【도 5a】

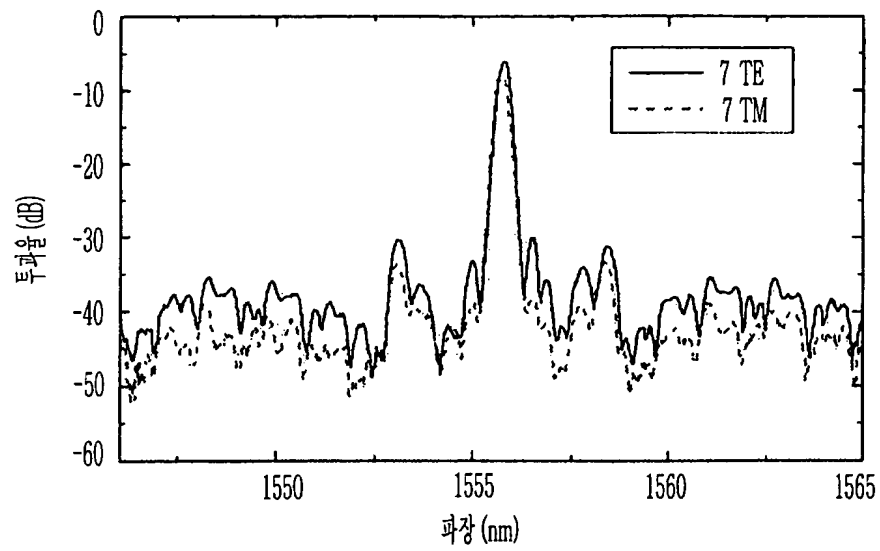


【도 5b】

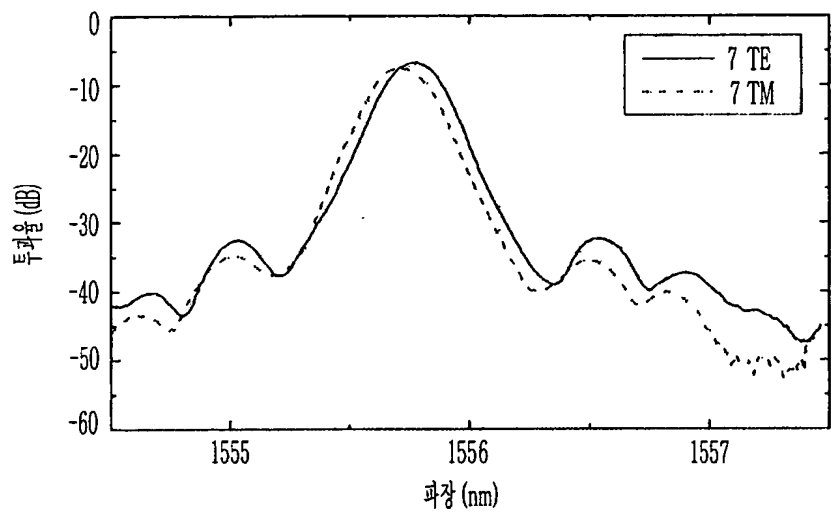




【도 5c】



【도 5d】



【도 6】

